

УДК 597.4/5.591.2

НЕСПЕЦИФИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ У РЫБ ИЗ ВОДОЕМОВ СРЕДНЕЙ И НИЖНЕЙ ВОЛГИ

© 2013 А.К. Минеев

Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти

Поступила 25.11.2013

Представлены результаты многолетних исследований (1995–2013 гг.) морфологических аномалий, обнаруженных у молоди рыб из водохранилищ Средней и Нижней Волги, а также их основных притоков. Проанализированы закономерности встречаемости подобных нарушений у личинок и мальков рыб разных видов и возрастов. На примере Саратовского водохранилища описаны патологии клеток эритроцитарного ряда наиболее массовых видов аборигенных и чужеродных видов рыб и динамика таких важных гематологических показателей, как соотношение зрелых и незрелых форм эритроцитов, соотношение клеток эритроидного и лимфоидного ряда крови, доля основных форм лейкоцитов среди клеток белой крови. Приведены материалы исследований патологий внутренних органов и тканей у некоторых массовых видов рыб Саратовского водохранилища. Показана прямая зависимость возникновения обнаруженных аномалий развития и патологий у рыб разных возрастных групп (от ранних личиночных стадий до половозрелых особей) от уровня антропогенной нагрузки на экосистему изучаемого водоема. Доказан неспецифический характер обнаруженных морфофизиологических нарушений как ответных реакций на негативное воздействие неблагоприятных факторов окружающей среды.

Ключевые слова: морфологические аномалии, патологии клеток крови, гематологические параметры, гистологические нарушения, неспецифические реакции.

ВВЕДЕНИЕ

Различные биохимические и патофизиологические нарушения могут быть выявлены у различных видов водных организмов, однако показатели физиологического состояния рыб чаще используются в диагностике последствий токсичного загрязнения вод в силу следующих причин. Рыбы являются типичными представителями водных экосистем и занимают верхнюю ступень в трофической системе водоёмов. Они имеют длинный жизненный цикл, поэтому могут информативно отражать как последствия хронического загрязнения вод, так и стрессовые условия в периоды, предшествующие исследованиям [34].

Представляя высший трофический уровень пресноводных сообществ, рыбы как последнее звено в трофической цепи накапливают значительные количества токсикантов и принимают на себя основную тяжесть техногенной нагрузки, что приводит к сокращению их численности, ухудшению качественных показателей их популяций и замене длинно-цикловых видов с продолжительным эмбриогенезом на малоценные короткоцикловые с коротким эмбриональным периодом [38, 51, 41].

Большинство видов карповых, являясь повсеместно распространёнными видами, обладают широкой экологической пластичностью и опреде-

ленной устойчивостью к воздействиям неблагоприятных факторов среды. Однако в условиях водохранилищ Средней и Нижней Волги, испытывающих существенную антропогенную нагрузку, у представителей данных видов рыб обнаруживаются многочисленные отклонения внешней морфологии на ранних стадиях личиночного и малькового развития [26, 28, 31], патологии клеток крови и нарушения гематологических параметров у половозрелых особей [27], а также патологии следующих внутренних органов: жабры, печень, сердечная мышца, гонады [29, 30].

В связи с этим, изучение возникающих у рыб морфофункциональных нарушений и понимание закономерностей их возникновения приобретает особую актуальность, так как позволяет оценить современное состояние популяций рыб водохранилищ Средней и Нижней Волги и прогнозировать дальнейшие качественные изменения в состоянии данного ресурса.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Исследования осуществлялись в период 1995 – 2013 гг. на акватории трех водохранилищ: Куйбышевского, Саратовского и Волгоградского, а также в водоемах Волго-Ахтубинской поймы (1996 – 1998 гг.) и основных притоках Саратовского водохранилища (2012 – 2013 гг.). Личинки и мальки рыб отлавливались в весеннее - летний период сачками из мелкочаеистого газа в прибрежной зоне основных нерестилищ. Половозрелые особи наиболее массовых видов рыб для гематологических и гистологических исследований

Минеев Александр Константинович, кандидат биологических наук, mineev7676@mail.ru

добывались с мая по ноябрь ставными сетями с различным размером ячеи и другими орудиями лова.

Видовую принадлежность и стадии развития личинок и мальков плотвы устанавливали по определителю А.Ф. Коблицкой [15], возраст половозрелых особей определяли по отолитам [37]. Основную массу половозрелых особей в уловах составили рыбы в возрасте 3+ и 4+.

Молодь рыб обследовалась методом патоморфологического анализа с описанием всех обнаруженных морфологических нарушений.

Изготовление препаратов крови и дальнейший анализ гематологических параметров осуществлялся с применением стандартных гематологических методов [13]. Для оценки неблагоприятных воздействий на организм животных мы вычисляли соотношение нормобластов и зрелых эритроцитов, соотношение эритроцитов и лейкоцитов, а также применяли Индекс Сдвига Лейкоцитов (ИСЛ), который является в наших исследованиях одним из основных показателей состояния белой крови [11].

Для гистологического анализа сразу после вылова отбирались внутренние органы рыб, как с признаками аномалий, так и лишённые внешних проявлений патологического процесса. Органы сразу же фиксировались для того, чтобы задержать изменения, происходящие в тканях, изолированных от организма, и сохранить картину тканевой структуры, соответствующую исходному состоянию. Обезвоживание и уплотнение гистологического материала производилось по стандартной методике [39]. Срезы изготавливались на механическом микротоме, толщина их не превышала 8 микрон. Гистологические срезы окрашивались гематоксилином и эозином по стандартной методике с последующим заключением в канадский бальзам [39].

Объём исследованного материала приведён в таблице 1.

Таблица 1. Количество рыб разных видов и возрастных групп, обследованных за период 1995 – 2013 гг.

Общее количество особей обследованных в 1995 – 2013 гг., экз.	26254
Число обследованных особей молоди рыб на стадиях развития В – G, экз.	22897
Число половозрелых особей в возрасте 3+ и 4+, обследованных на предмет гематологических отклонений, экз.	460
Число половозрелых особей в возрасте 3+ и 4+, обследованных на предмет патологий внутренних органов, экз.	227

Статистическую обработку полученных данных осуществляли общепринятыми методами [19] с применением программы Excel 2007.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

За время исследования на основных нерестилищах Саратовского водохранилища, на примере которого мы рассматриваем динамику встречаемости молоди рыб с различными морфологическими нарушениями, обнаружены личинки и мальки рыб 23 видов, из которых четыре вида являлись чужеродными для данного водоема (табл. 2).

Только среди семи видов рыб не было встречено аномальных особей, причем в это число входят все обнаруженные чужеродные и наиболее малочисленные аборигенные виды рыб. Среди наиболее массовых аборигенных видов, таких как укляя, густера, красноперка, язь и плотва, доля аномальных личинок и мальков рыб варьировала от 21,04% до 33,10% соответственно, что свидетельствует о несоответствии условий нереста и нагула молоди нормальным.

Наши результаты подтверждаются химическим анализом воды Саратовского водохранилища на протяжении ряда лет.

Во время наших исследований, как и на протяжении последних десятилетий, Саратовское водохранилище испытывает значительную антропогенную нагрузку. Так, основной сброс сточных вод от природопользователей Самарской области производится в этот водоем. Только в 1989 г. в Саратовское водохранилище поступило 157 тысяч условных тонн загрязняющих веществ. Из них большая доля приходилась на азот аммонийный – 5,5 тыс. т/год и нефтепродукты – 950 т/г; взвешенные вещества – 280 т/г; ртуть – 113 т/г; фенолы – 10,02 т/г; фосфор – 60,7 т/г [47].

Воды Саратовского водохранилища постоянно содержат различного рода загрязнители. Так в районе устья реки Сок, которая считается одной из наиболее чистых рек Самарской области, в 1995-1996 гг. концентрация фенолов составляла 5-3 ПДК, нефтепродуктов – 2 ПДК, меди – 2 ПДК и сульфатов – 4 ПДК [6].

Воды реки Чапаевка, поступающие в Саратовское водохранилище, постоянно содержат большое количество загрязняющих веществ. В отдельные годы концентрация изомеров гексахлорциклогена (альфа-, бета-, гамма-ГХЦ) выше нормативов в десятки раз. Зафиксированы также значительные превышения концентрации меди – 2-30 ПДК, марганца – 4-18 ПДК, кадмия – 8 ПДК [3]. Район населенного пункта Новый путь, который испытывает непосредственное влияние сильно загрязнённых вод р. Чапаевка, в 1995-1996 гг. являлся наиболее загрязненным легко окисляемыми органическими веществами (2-3 ПДК), фенолами (3-5 ПДК), фосфором (3-9 ПДК) [3], а концентрация марганца в воде в 1997 г. достигала 11 ПДК [40]. В 1999-2000 гг. в воде р. Чапаевка около г. Чапаевска обнаружены хлорорганиче-

ские пестициды, содержание которых в воде недопустимо, их концентрация в весенний период достигала 37 ПДК [8]. В 2007-2008 гг. ситуация не изменилась: вода Саратовского водохранилища в районе устья р. Чапаевка характеризовалась как 3А класса качества (загрязнённая вода) и 3Б класса качества (очень загрязненная) [9].

Основными загрязняющими веществами, поступающими в Саратовское водохранилище из г.

Тольятти, являются легко окисляемые органические вещества, нитритный азот, соединения меди, фенолы. Максимальные концентрации этих веществ в 1999-2000 гг. превышали норму в 2-7 раз. Среднегодовая концентрация соединений меди составляла 7 ПДК, а максимальная – 27 ПДК. Из района г. Самара поступают соединения меди (2-5 ПДК), кадмия (до 2 ПДК), нитритного азота (1-3 ПДК) и соединений цинка (1-2 ПДК) [7, 8].

Таблица 2. Встречаемость молоди рыб разных видов в Саратовском водохранилище (1995 – 2013 гг.).

Вид рыб	Общее число рыб каждого вида, экз.	Доля рыб каждого вида, %	Число рыб с аномалиями среди каждого вида, экз.	Доля рыб с аномалиями среди каждого вида, %
плотва	10451	45,64±0,33	3459	33,10±0,46
краснопёрка	2790	12,19±0,22	772	27,67±0,85
язь	3831	16,73±0,25	1302	33,99±0,77
голавль	1	0,004±0,004	1	(1 из 1)
укляя	1673	7,31±0,17	352	21,04±1,00
лещ	928	4,05±0,13	255	27,48±1,47
густера	2434	10,63±0,20	933	38,33±0,99
синец	52	0,23±0,03	10	19,23±5,52
белоглазка	2	0,009±0,006	-	0,00
верховка	128	0,56±0,05	9	7,03±2,27
елец	60	0,26±0,03	6	10,00±3,91
линь	100	0,44±0,04	3	3,00±1,71
карась золотой	91	0,40±0,04	4	4,39±2,16
карась серебряный	24	0,10±0,02	1	4,17±4,17
жерех	149	0,65±0,05	21	14,09±2,86
горчак	43	0,19±0,03	9	20,93±6,28
чехонь	2	0,009±0,006	-	0,00
окунь	72	0,31±0,04	19	26,39±5,23
бычок-цуцик*	46	0,20±0,03	-	0,00
бычок-кругляк*	6	0,03±0,01	-	0,00
щука	11	0,05±0,02	-	0,00
тюлька*	1	0,004±0,004	-	0,00
ряпушка*	2	0,009±0,006	-	0,00
Общее число особей, экз	22897		7156	31,25±0,31

Примечание: «*» – чужеродные виды рыб; «-» – аномальных особей не обнаружено.

В последние годы качество воды Саратовского водохранилища не претерпело значительных изменений, и она в среднем характеризуется как «загрязненная» 3 класса качества [8, 9]. Согласно данным о загрязнении воды Саратовского водохранилища в 2011 г. [10], основными загрязняющими веществами являются легко- и трудноокисляемые органические вещества (по БПК₅ и ХПК) – до 2-7 ПДК, фенолы и соединения марганца – до 2-7 ПДК, азот аммонийный – до 1-2 ПДК. В среднем по водохранилищу класс качества воды (согласно критерию удельного комбинаторного индекса загрязненности воды - УКИЗВ) с 2010 до 2011 года незначительно улучшился с 3Б (очень загрязнённая) до 3А (загрязнённая) [10].

Сложившаяся экологическая ситуация носит хронический характер, вследствие чего на популяции гидробионтов оказывается постоянный пресс негативных абиотических факторов, что не может не отразиться отрицательно на качествен-

ном и количественном состоянии этих популяций.

Ранее показано, что период эмбрионального развития является наиболее чувствительным этапом в онтогенезе рыб не только к действию абиотических факторов естественного характера (температура воды, содержание кислорода, величина рН, скорость течения, освещенность и т.д.), но и влиянию различных токсических веществ. В целом ряде экспериментальных работ [12, 14, 20, 50, 23] выявлены различные нарушения морфологии, как под влиянием отдельных абиотических факторов, так и различных загрязнителей.

Анализируя многочисленные экспериментальные работы [56, 53, 67, 68, 70] можно говорить о том, что под влиянием различных по происхождению загрязнителей (сырая нефть, пестициды, тяжелые металлы и т. д.) у рыб обнаруживаются одни и те же виды аномалий, что свидетельствует

о неспецифическом характере данных нарушений.

В основных притоках Саратовского водохранилища уровень загрязнения воды несколько ниже, меньшее разнообразие загрязняющих веществ, при более благоприятном кислородном, температурном режиме и более высокой скорости течения. В данных гидрологических условиях, согласно нашим данным (2012 – 2013 гг.), среди

молоди наиболее массовых аборигенных видов рыб доля особей с нарушениями морфологии значительно ниже, чем в самом водохранилище (табл. 3).

Обнаружены чужеродные виды рыб в р. Самара (игла-рыба) и р. Большой Кинель (бычок-цуцик), среди которых аномальных особей не зафиксировано.

Таблица 3. Встречаемость аномальных особей среди молоди рыб из основных притоков Саратовского водохранилища (2012 – 2013 гг.).

Виды рыб	Встречаемость аномальных особей из притоков Саратовского водохранилища, %				
	р. Большой Кинель (2012)	р. Самара (2012)	р. Самара (2013)	р. Съезжая (2013)	р. Кондурча (2013)
плотва	0,00	3,13±2,19	0,00	10,00±3,33	1,33±1,33
красноперка	-	0,00	0,00	-	0,00
язь	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
укляя	1,17±0,41	8,96±0,94	14,01±2,78	7,72±0,69	5,26±2,30
лещ	-	3,79±1,32	0,00	15,38±10,41	-
густера	0,00	0,00	0,00	-	-
верховка	-	0,00	-	0,00	-
елец	0,00	0,00	-	0,00	-
горчак	0,00	12,50±8,54	-	1,74±0,77	-
бычок-цуцик*	0,00	-	-	-	-
игла-рыба*	-	-	0,00	-	-
Общее число особей, экз	445	1327	251	1857	212
Общая доля аномальных особей, %	1,80±0,63	7,16±0,71	9,16±1,82	6,62±0,56	3,77±1,31

Примечание: «*» – чужеродные виды рыб; «-» – особей данного вида не обнаружено.

Таким образом, наглядно прослеживается тенденция увеличения доли особей с морфологическими нарушениями среди личинок и мальков рыб в пробах от притоков Саратовского водохранилища до основного водоема водосбора. Причем данная динамика характерна как для отдельных видов, так и для всего сообщества молоди рыб в целом.

Однако, параллельно зафиксирована выраженная тенденция к уменьшению доли аномальных особей среди личинок и мальков с увеличением возраста молоди (от ранних стадий личиночного развития – С₁, С₂, к более поздним мальковым стадиям – F, G), что связано, видимо, с элиминацией личинок и мальков – носителей морфологических нарушений вследствие их низкой жизнеспособности. Данная динамика характерна для молоди всех обследованных аборигенных видов рыб, мы продемонстрируем ее на примере самого массового вида карповых рыб – плотвы обыкновенной (табл. 4).

За весь период исследования молоди рыб из водоемов Средней и Нижней Волги нами было обнаружено и описано 62 типа морфологических аномалий условно разделенных нами на восемь основных групп по месту локализации и степени выраженности (рис. 1). Нарушения морфологии, относящиеся к перечисленным на рисунке 1 группам, обнаружены у рыб во всех обследован-

ных водоёмах, наблюдались лишь некоторые различия в соотношении морфологических аномалий той или иной группы.

Так в Саратовском и Волгоградском водохранилищах соотношение основных групп морфологических аномалий практически не различается, а преобладающими являются нарушения пигментации тела – пигментированные новообразования около одного или обоих глазных яблок, нарушения видоспецифичного пигментного рисунка тела, отсутствие пигментации глазного яблока и т.д. (рис. 2).

В Куйбышевском водохранилище и Волго-Ахтубинской пойме у молоди рыб обнаружены аномалии тех же восьми групп, однако доминирующими оказались нарушения морфологии глаз и нарушения морфологии миотомов соответственно. Данный факт можно объяснить различающимся гидрологическим режимом во всех изученных водоемах, наиболее сходен он в Саратовском и Волгоградском водохранилищах, чем объясняется и аналогичное соотношение разных групп морфологических аномалий в данных водоемах.

Интересен тот факт, что в притоках Саратовского водохранилища, характеризующихся благоприятным кислородным режимом, относительно высокой скоростью течения и относительно низким уровнем загрязнения, какими являются

реки Кондурча, Съезжая и Большой Кинель, разнообразие обнаруживаемых у рыб морфологических аномалий и их групп заметно ниже, чем в самом водохранилище (рис. 3). Но при этом доминирующими группами морфологических нарушений в данных реках остаются группы нарушений пигментации тела и нарушений морфоло-

гии глаз, как и в Саратовском водохранилище. В реке Самара нарушения морфологии глаз встречаются у рыб почти в два раза чаще, чем нарушения пигментации тела. Почти в четверти случаев в р. Большой Кинель и Кондурча у молоди рыб обнаруживаются нарушения морфологии головы.

Таблица 4. Встречаемость молоди плотвы с морфологическими аномалиями на разных стадиях развития.

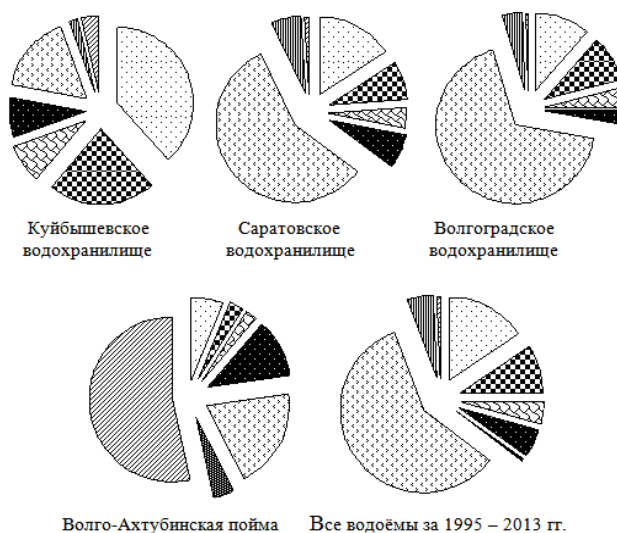
Стадии развития	Число обследованных особей на данной стадии развития, экз.	Число особей с морфологическими аномалиями на данной стадии развития, экз.	Доля особей с морфологическими аномалиями на данной стадии развития, %
B	337	55	16,32±2,02
C ₁	1618	707	43,70±1,23
C ₂	4047	1724	42,60±0,78
D ₁	2208	572	25,91±0,93
D ₂	1046	248	23,71±1,32
E	768	129	16,80±1,35
F	280	25	8,93±1,71
G	147	5	3,40±1,50
Общее число, экз	10451	3459	33,10±0,46

Таким образом, ясно прослеживается тенденция увеличения встречаемости аномальных особей в пробах от притоков второго порядка к притокам первого порядка и основному водоему водосбора – Саратовскому водохранилищу, что может быть объяснено рядом причин:

- во-первых: отличающимися гидрологическими условиями в притоках и самом водохранилище; в притоках второго и первого порядка более благоприятный кислородный режим и более высокая скорость течения, чем в Саратовском водохранилище, что даже при сравнимом уровне

загрязнения во всех исследованных водоемах создает в притоках второго и первого порядка более благоприятные условия для нереста и эмбрионально-личиночного развития молоди рыб.

- во-вторых: уровень загрязнения основного водоема водосбора – Саратовского водохранилища, несколько выше, чем уровень загрязнения рек Кондурча, Большой Кинель, Съезжая (притоки второго порядка) и р. Самара (приток второго порядка), а список присутствующих в воде загрязнителей намного шире.



- нарушения морфологии глаз
- нарушения морфологии плавников
- нарушения внутреннего строения тела
- непигментированные опухоли
- нарушения морфологии головы
- нарушения морфологии туловища
- нарушения пигментации тела
- нарушения морфологии миотомов

Рис. 1. Встречаемость различных групп морфологических аномалий у молоди рыб из водоемов Средней и Нижней Волги в 1995 – 2013 гг. (%).

Исследования встречаемости морфологических аномалий у половозрелых особей плотвы Саратовского водохранилища [32] показали, что среди взрослых рыб доля особей с нарушениями внешней морфологии не превышает $0,41 \pm 0,23\%$, то есть такие особи встречаются единично. Данный факт позволяет нам предположить, что до половозрелого состояния не доживают практически все особи плотвы с нарушениями внешней морфологии за редким исключением.

Однако отсутствие ярко выраженных нарушений внешней морфологии у взрослых рыб не яв-

ляется надежным критерием благополучия отдельно взятой особи. В большинстве случаев о состоянии здоровья рыб невозможно судить на основании внешнего осмотра с применением патолого-морфологического метода. В этом случае надежным показателем благополучия или неблагополучия является состояние внутренних органов и тканей, которые проявляют в стрессовых условиях, включая токсическое загрязнение вод, широкий спектр физиологических нарушений и патологий [34].

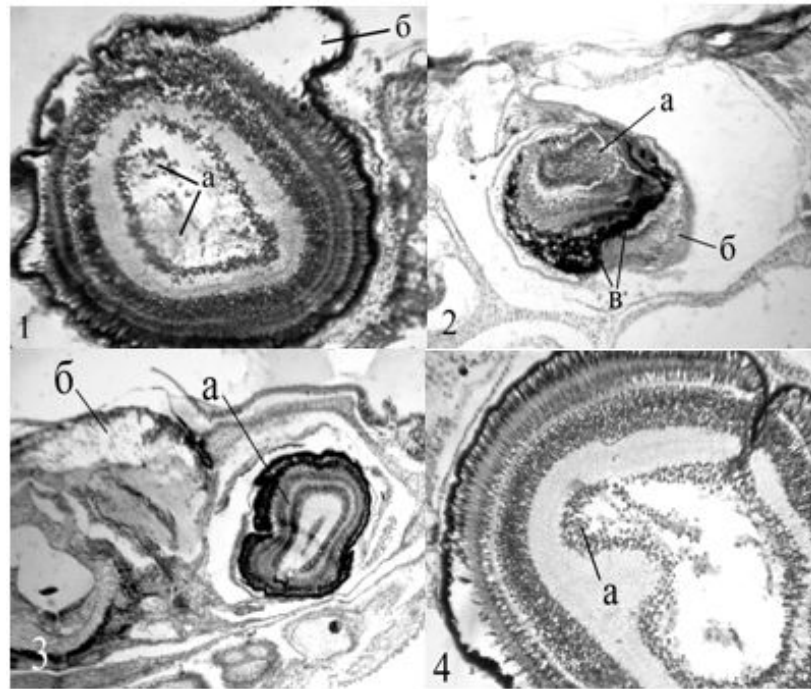


Рис. 2. Новообразования в области глаз: 1 – красноперка, С₁: а – опухоль внутри глазного яблока, б – непигментированное новообразование на периферии глазного яблока; 2 – плотва, С₂: а – деформированное и недоразвитое глазное яблоко, б – непигментированная опухоль, в – пигментированное новообразование; 3 – язь, С₁: а – деформированное глазное яблоко, б – непигментированная опухоль за глазным яблоком; 4 – язь, С₂: а – непигментированное новообразование внутри глазного яблока.

Известно, кровь рыб показательно реагирует на загрязнение водоемов сточными водами большим разнообразием форм патологических изменений красных клеток крови, чего практически не бывает при инфекционных и инвазионных заболеваниях [18, 27, 34].

Многообразие функций крови – одной из дифференцированных реактивных тканей – ставит ее в ряд ценных индикаторов состояния особи [11]. Дифференцированность крови бесспорна, так как эта ткань состоит из плазмы и различных видов клеток, каждая из которых выполняет свою характерную функцию, соответственно и функции самой крови многообразны (газообмен, трофическая функция, специфические и неспецифические иммунные функции и т.д.). К тому же все без исключения составляющие элементы

крови первыми в организме реагируют на те, или иные изменения внешней среды, соответственно очень быстро изменяются и многочисленные гематологические показатели, что является доказательством повышенной реактивности этой ткани. Таким образом, гематологические параметры рыб могут успешно использоваться в качестве одного из показателей в системе комплексного биологического мониторинга водных экосистем [21, 42, 34].

Ниже мы рассмотрим некоторые закономерности встречаемости патологий клеток крови и отклонений в основных гематологических параметрах у наиболее массовых чужеродных и абorigенных видов рыб на примере наиболее изученного нами водоема – Саратовского водохранилища.

На фоне выраженных отклонений в изученных гематологических параметрах у половозрелых рыб Саратовского водохранилища нами зафиксировано 22 типа патологий эритроцитов

(табл. 5 и 6), часть из которых ранее описаны нами для нескольких видов рыб Саратовского водохранилища [27].

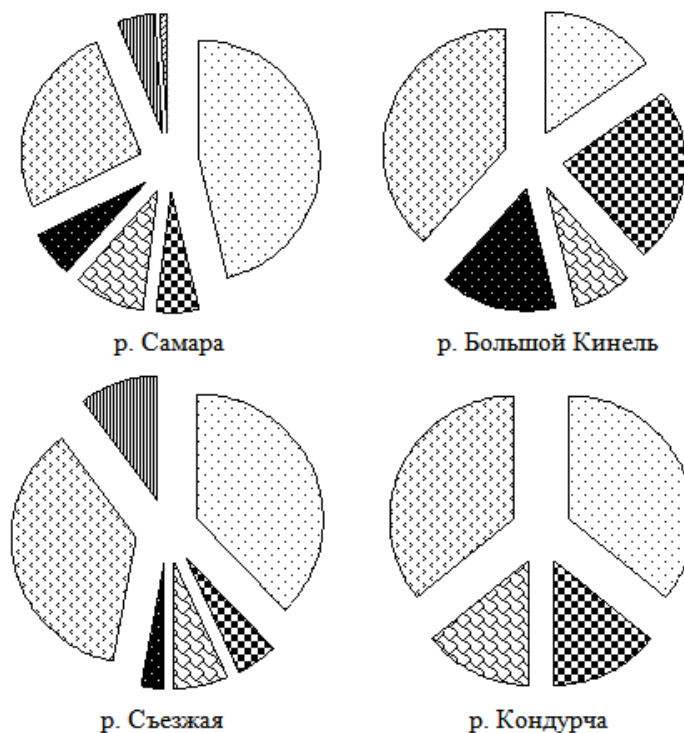


Рис. 3. Встречаемость различных групп морфологических аномалий у молоди рыб из основных притоков Саратовского водохранилища (%) (Обозначения как на рис. 1).

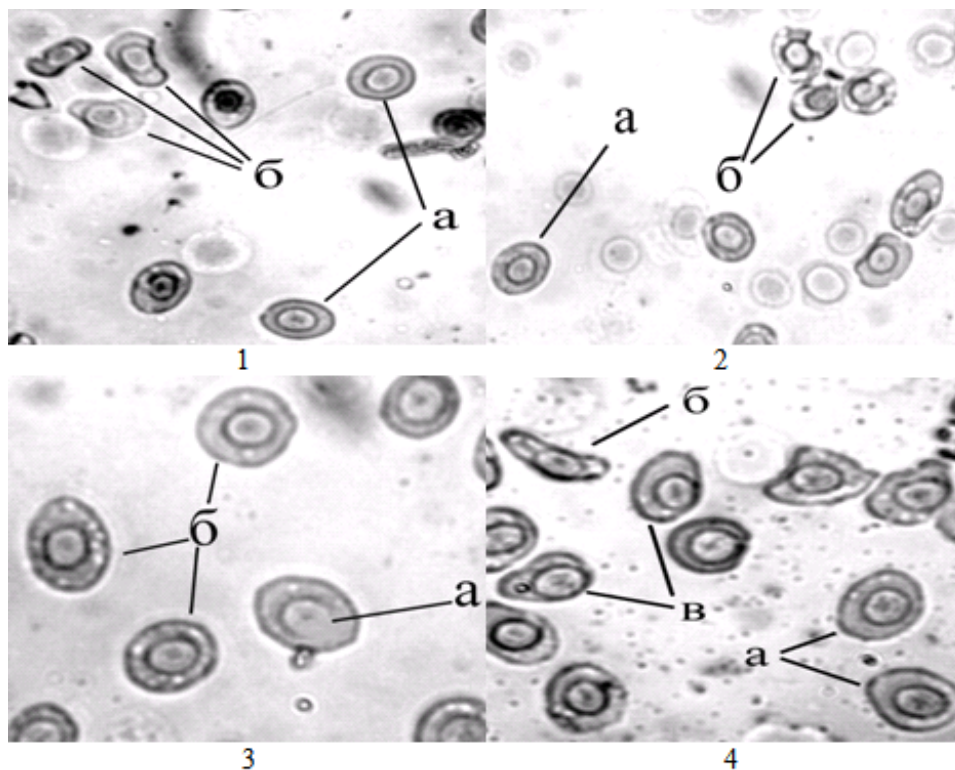


Рис. 4. Некоторые патологии эритроцитов:

1а, 2а, 3б, 4а – эритроциты нормального размера и формы (без патологий); 1б – деформация эритроцита – изменение формы клетки без изменения ее площади; 2б – сморщивание эритроцита; 3а – кариолизис; 4б – веретеновидная деформация эритроцита; 4в – ацентрическое ядро.

Большинство обнаруженных типов клеточных патологий (рис. 4) встречаются у разных видов рыб независимо от их видовой принадлежности. Однако, у чужеродных и аборигенных видов количество аномальных эритроцитов разных типов в кровяном русле может различаться (табл. 5 и 6).

По нашим данным у чужеродных видов рыб наиболее часто встречались особи с деформацией эритроцита (рис. 4.1б) и ацентрическим ядром (рис. 4.4в), они обнаружены у $40,51 \pm 4,95\%$ и $38,83 \pm 4,83\%$ рыб. Доля деформированных эритроцитов в красной крови отдельных особей может варьировать от 0,50% до 31,50%. Такие клеточные патологии как палочковидная деформация эритроцита, раздвоение ядра, кариорексис, пикноз, отсутствие ядра, хроматинолиз, разрыв оболочки эритроцита и микроядра встречены у не-

большого количества особей (от 1-й до 3-х), а максимальное количество эритроцитов с данными видами патологий в крови отдельных особей варьирует от 0,25% клеток (нет ядра) до 34,25% эритроцитов (микроядра).

Значительно чаще в крови рыб обнаруживаются такие патологии эритроцитов как каплевидная, веретенновидная (рис. 4.4б), серповидная деформация эритроцита, сморщивание клетки (рис. 4.2б) и деформация ядра.

Максимальное количество эритроцитов с определенным видом патологии в крови отдельной особи зафиксировано для такого нарушения как веретенновидная деформация эритроцита. Доля таких эритроцитов в красной крови некоторых рыб составила 53,25% (табл. 5).

Таблица 5. Встречаемость разных типов патологий эритроцитов у чужеродных видов рыб (бычок-головач и бычок-кругляк) Саратовского водохранилища.

Тип патологии эритроцита	Число рыб с данным видом патологии, экз.	Доля рыб с данным видом патологии, %	Показатели интенсивности встречаемости аномальных эритроцитов, %	
			min-max содержание эритроцитов с данным типом патологии в кровяном русле, %	среднее содержание эритроцитов с данным типом патологии в кровяном русле, %
произвольная деформация клетки	51	$40,51 \pm 4,95$	0,50-31,50	9,91
ацентрическое ядро	40	$38,83 \pm 4,83$	0,50-9,00	3,54
серповидная деформация	15	$14,56 \pm 3,49$	0,25-3,75	0,82
каплевидная деформация	20	$19,42 \pm 3,92$	0,25-11,75	1,84
веретенновидная деформация	16	$15,53 \pm 3,59$	0,25-53,25	4,92
палочковидная деформация	2	$1,94 \pm 1,37$	2,00	2,00
фестончатые края клетки	8	$7,77 \pm 2,65$	0,50-12,00	4,66
сморщивание клетки	18	$17,48 \pm 3,76$	0,50-14,25	5,47
деформация ядра	14	$13,59 \pm 3,39$	0,50-12,00	2,21
раздвоение ядра	2	$1,94 \pm 1,37$	0,25-3,00	1,63
фрагментоз ядра	5	$4,85 \pm 2,13$	0,25-0,50	0,35
кариолизис	5	$4,85 \pm 2,13$	0,50-4,25	1,50
кариорексис	2	$1,94 \pm 1,37$	0,75-2,75	1,75
пикноз	3	$2,91 \pm 2,77$	2,00-3,00	2,67
нет ядра	2	$1,94 \pm 1,37$	0,25	0,25
вакуолизация клетки	7	$6,80 \pm 2,49$	0,50-10,50	3,57
шистоцитоз (цитоллиз)	4	$3,88 \pm 1,91$	0,50-1,25	0,75
хроматинолиз	1	$0,97 \pm 0,97$	2,75	2,75
разрыв оболочки клетки	2	$1,94 \pm 1,37$	0,50-1,00	0,75
микроядра в ядре	2	$1,94 \pm 1,37$	3,25-34,25	18,75

В кровяном русле аборигенных карповых рыб Саратовского водохранилища за период исследования было зафиксировано всего 13 типов патологий эритроцитов (табл. 6). У местных видов рыб не встречено особей с серповидной, каплевидной и палочковидной деформациями эритроцита, кариорексисом, отсутствием ядра, хроматинолизом, микроядрами и разрывами в оболочке клетки. Однако зафиксирована особь с вздутиями эритроцитов, тогда как у бычков такой патологии не обнаружено.

У карповых рыб Саратовского водохранилища, также как и у 2 видов бычков, основную долю составляли особи с деформациями эритроцита

(64,29%) и пристеночными ядрами (26,19% особей). Особи с остальными 11 типами патологий эритроцитов обнаруживались редко или единично.

Максимальное количество эритроцитов с определенным типом патологии в крови отдельной особи зафиксировано для такого нарушения как деформация эритроцита. Доля таких эритроцитов в красной крови одной особи достигала 36,50% (табл. 6).

На фоне частой встречаемости многочисленных патологий эритроцитов у разных видов рыб Саратовского водохранилища нами зафиксирована

ны выраженные отклонения в основных гематологических параметрах.

За весь период исследования менее четверти изученных рыб Саратовского водохранилища (23,48±1,98%) не имели клеточных патологий в кровяном русле, то есть являлись здоровыми по данному признаку (табл. 7). В крови 28,04±2,10% особей обнаруживались эритроциты с одним типом патологии. Чаще всего встречались рыбы с двумя и более типами патологий эритроцитов –

48,48±2,33%. Среди отдельных видов рыб основу популяции так же составляли особи с двумя и более типами патологий эритроцитов в кровяном русле, их доля варьировала от 34,93±3,96% среди ротана-головешки до 68,18±10,16% среди леща.

Таким образом, общая доля рыб с клеточными патологиями составила 76,52±1,98%, что можно считать одним из доказательств неблагополучия популяций аборигенных и чужеродных видов рыб в условиях Саратовского водохранилища.

Таблица 6. Встречаемость разных типов патологий эритроцитов у карповых видов рыб (лещ, укля и плотва) Саратовского водохранилища.

Тип патологии эритроцита	Число рыб с данным видом патологии, экз.	Доля рыб с данным видом патологии, %	Показатели интенсивности встречаемости аномальных эритроцитов, %	
			min-max содержание эритроцитов с данным типом патологии в кровяном русле, %	среднее содержание эритроцитов с данным типом патологии в кровяном русле, %
произвольная деформация клетки	27	64,29±7,48	0,50-36,50	11,07
ацентрическое ядро	11	26,19±6,87	2,00-9,50	5,59
веретеновидная деформация	2	4,76±3,33	6,50-6,75	6,63
фестончатые края клетки	1	2,38±2,38	2,50	2,50
сморщивание клетки	5	11,90±5,06	3,00-13,00	7,30
деформация ядра	9	21,43±6,41	0,50-9,00	3,17
раздвоение ядра	2	4,76±3,33	0,75	0,75
два ядра	1	2,38±2,38	0,50	0,50
кариолизис	6	14,29±5,47	0,50-1,00	0,67
пикноз	1	2,38±2,38	0,50	0,50
вакуолизация клетки	2	4,76±3,33	2,75-32,00	17,38
шистоцитоз (цитоллиз)	1	2,38±2,38	0,50	0,50
вздутие клетки	1	2,38±2,38	1,00	1,00

Таблица 7. Встречаемость особей с различным уровнем патологий эритроцитов в крови.

Вид рыб	Число особей, экз.	Встречаемость рыб с разным количеством патологий эритроцитов в крови, %		
		Доля особей без патологий эритроцитов	Доля особей с одним типом патологии эритроцитов	Доля особей с двумя и более типами патологий эритроцитов
ротан-головешка	146	25,34±3,61	39,73±4,06	34,93±3,96
бычок-кругляк	178	24,72±3,24	25,28±3,27	50,00±3,76
бычок-головач	76	18,42±4,48	17,11±4,35	64,47±5,53
плотва	15	20,00±10,69	33,33±12,60	46,67±13,33
лещ	22	18,18±8,42	13,64±7,49	68,18±10,16
укля	14	21,43±11,38	28,57±12,53	50,00±13,87
окунь	9	33,33±16,67	11,11±11,11	55,56±17,57
Общие показатели, %	460	23,48±1,98	28,04±2,10	48,48±2,33

Таблица 8. Встречаемость особей с различным содержанием нормобластов в красной крови.

Вид рыб	Содержание нормобластов в красной крови, %			
	0,00-25,00% (пониженное)	25,00-35,00% (норма)	35,00-50,00% (повышенное)	> 50,00% (патология)
ротан-головешка	60,96±4,05	8,22±2,28	10,27±2,52	20,55±3,36
бычок-кругляк	85,39±2,65	6,74±1,88	5,06±1,65	2,81±1,24
бычок-головач	78,95±4,71	9,21±3,34	7,89±3,11	3,95±2,25
плотва	100,00	-	-	-
лещ	90,91±6,27	4,55±4,55	-	4,55±4,55
укля	92,86±7,14	7,14±7,14	-	-
окунь	100,00	-	-	-
Общие показатели, %	77,83±1,94	7,17±1,20	6,52±1,15	8,48±1,30

Одним из важных показателей благополучного состояния, как отдельной особи, так и популяции

рыб является уровень гемопоэза в красной крови. Ранее успешно оценивалось состояние рыб по

количеству эритроцитов [5, 64], по интенсивности процесса гемопоэза [60, 61], по количеству нормобластов [45, 46]. Особь может условно считаться здоровой по уровню гемопоэза, если в красной крови содержится 25,00-35,00% нормобластов. Доказано также, что при воздействии на рыб различных загрязнителей, в частности ртути, количество нормобластов и полихроматофильных эритроцитов (незрелых форм эритроцитов) падает до 0,2%, а основную массу красных клеток составляют зрелые эритроциты – 99,8% [18], то есть качество процесса гемопоэза падает до минимума.

Изучение уровня нормобластов в красной крови рыб семи видов показало, что среди обследованных особей наибольшую часть составляли особи с пониженным содержанием этих клеток в кровяном русле - $77,83 \pm 1,94\%$ (табл. 8). Среди плотвы и окуня встречаемость таких особей составила 100%. Это признак пониженного уровня гемопоэза, что может быть вызвано неполным соответствием условий обитания оптимальным.

Особи с нормальным уровнем нормобластов в крови среди разных видов рыб встречались единично (лещ, укля), либо редко (ротан-головешка, бычок-кругляк и бычок-головач). Наибольшее количество рыб с нормальным содержанием нормобластов в красной крови отмечено среди бычка-головача - $9,21 \pm 3,34\%$.

Некоторое количество особей чужеродных видов рыб имели патологически высокий уровень нормобластов. Так среди ротана-головешки встречаемость таких рыб достигла $20,55 \pm 3,36\%$, тогда как среди аборигенных видов таких особей не обнаружено (за исключением единичной находки леща).

Таким образом, в условиях Саратовского водохранилища основу популяций как абориген-

ных, так и чужеродных видов рыб, составили особи с пониженным уровнем гемопоэза, что является дополнительным свидетельством неспецифического характера воздействия различных неблагоприятных факторов среды (в основном различных загрязнений) на организмы гидробионтов.

Другим важным показателем состояния особи является соотношение клеток эритроидного и лимфоидного ряда крови. Для взрослых рыб нормальным считается содержание в крови белых клеток соответствующее 25 – 35%. Установлено, что у рыб под воздействием различных загрязнений снижается функция иммунитета, по сравнению с таковой у рыб из незагрязненных участков обитания [34]. Эксперименты на плотве (*Rutilus rutilus*) показали, что аккумуляция ртути приводит к уменьшению количества лимфоцитов и возрастанию количества моноцитов и нейтрофилов [44]. Аккумуляция кадмия, также вызывает уменьшение количества лимфоцитов, повышение в кровяном русле клеток, обладающих фагоцитарной активностью, и разрушение миелоцитов [43].

Согласно нашим наблюдениям, $63,04 \pm 2,25\%$ обследованных особей среди семи видов рыб Саратовского водохранилища имели пониженное содержание лимфоцитов в крови и, соответственно, пониженный иммунный статус (табл. 9). Лишь в крови $30,00 \pm 2,14\%$ обследованных рыб наблюдалось нормальное соотношение лейкоцитов и эритроцитов. В крови $6,30 \pm 1,13\%$ особей содержание белых клеток было выше нормы, единично встречались рыбы (среди бычка-кругляка и бычка-головача) с патологически превышенным содержанием лейкоцитов.

Таблица 9. Встречаемость рыб с различным содержанием лейкоцитов в кровяном русле.

Вид рыб	Содержание лейкоцитов в крови, %			
	0,00-25,00% (пониженное)	25,00-35,00% (норма)	35,00-50,00% (повышенное)	> 50,00% (патология)
ротан-головешка	$66,44 \pm 3,92$	$29,45 \pm 3,79$	$4,11 \pm 1,65$	-
бычок-кругляк	$69,66 \pm 3,46$	$25,84 \pm 3,29$	$3,93 \pm 1,46$	$0,56 \pm 0,56$
бычок-головач	$52,63 \pm 5,77$	$31,58 \pm 5,37$	$13,16 \pm 3,90$	$2,63 \pm 1,85$
плотва	$66,67 \pm 12,60$	$20,00 \pm 10,69$	$13,33 \pm 9,08$	-
лещ	$54,55 \pm 10,87$	$36,36 \pm 10,50$	$9,09 \pm 6,27$	-
укля	$42,86 \pm 13,73$	$57,14 \pm 13,73$	-	-
окунь	$11,11 \pm 11,11$	$66,67 \pm 16,67$	$22,22 \pm 14,69$	-
Общие показатели, %	$63,04 \pm 2,25$	$30,00 \pm 2,14$	$6,30 \pm 1,13$	$0,65 \pm 0,38$

Если не брать в расчет окуня, выборка которого нерепрезентативна, то количество особей с нормальным содержанием лейкоцитов в крови среди разных видов варьировало от $20,00 \pm 10,69\%$ у плотвы до $57,14 \pm 13,37\%$ у укля.

Таким образом, большинство особей среди обследованных видов рыб Саратовского водохранилища имеют недостаточное количество лейкоци-

тов в кровяном русле для нормального функционирования иммунной системы, что является следствием воздействия различных загрязнителей. Многочисленные исследования доказали, что загрязнение окружающей среды влияет на иммунную систему рыб именно таким образом [25, 44, 58].

Надежным критерием оценки состояния отдельной особи являются также отклонения в лейкоцитарной формуле [18, 1]. В качестве показателя, в некоторой степени подтверждающего условное неблагополучие исследованных видов рыб, мы использовали Индекс Сдвига Лейкоцитов (ИСЛ), который отражает отклонения в гематологических параметрах [11]. Повышение относительного содержания незрелых нейтрофильных клеток в периферической крови называется сдвигом влево. Снижение доли палочкоядерных нейтрофилов и присутствие гиперсегментированных ядер определяется как сдвиг вправо [11]. Иными

словами, ИСЛ является отношением гранулоцитов и агранулоцитов. У разных видов рыб допустимое значение ИСЛ может отличаться; в частности, у большинства рыб семейства *Cyprinidae* значение ИСЛ равно 0,30 [11].

Для чужеродных видов рыб Саратовского водохранилища - бычка-кругляка, бычка-головача и ротана-головешки неизвестны значения нормального уровня ИСЛ, поэтому значения условной нормы (0,25-0,35) [27] вычислены нами из соотношения различных форм гранулоцитов и агранулоцитов, выявленных у рыб здоровых по остальным гематологическим показателям.

Таблица 10. Встречаемость особей с различным уровнем ИСЛ.

Вид рыб	Доля особей с различным уровнем ИСЛ, %		
	ИСЛ < нормы	0,25-0,35 (условная норма ИСЛ для взрослых рыб)	ИСЛ > нормы
ротан-головешка	0,68±0,68	6,85±2,10	92,47±2,19
бычок-кругляк	2,81±1,24	14,61±2,65	82,58±2,85
бычок-головач	1,32±1,32	27,63±5,16	71,05±5,24
плотва	-	-	100,00
лещ	4,55±4,55	31,82±10,16	63,64±10,50
уклея	-	28,57±12,53	71,43±12,53
окунь	-	11,11±11,11	89,89±11,11
Общие показатели, %	1,74±0,61	15,00±1,67	83,26±1,74

Из данных таблицы 10 следует, что основная доля всех обследованных рыб имела повышенный уровень ИСЛ - 83,26±1,74%, что обусловлено высоким содержанием гранулоцитов (эозинофилов, нейтрофилов и т.д.) среди лейкоцитов. Среди рыб семи видов встречаемость таких особей варьировала от 63,64±10,50% (среди леща) до 100,00% среди плотвы. Количество рыб разных видов с показателем ИСЛ в пределах нормы не превышало 31,82±10,16% (у леща), а общая доля таких особей среди всех обследованных рыб за весь период исследования не превысила 15,00±1,67%, что является очень низким значением данного показателя. Единично или редко обнаруживались особи с пониженным значением ИСЛ, их общее количество за весь период исследования не превысило 1,74±0,61%.

Сдвиг показателя ИСЛ в ту или иную сторону от условной нормы является признаком заболевания или усиленного негативного пресса со стороны окружающей среды, а высокая частота встречаемости таких особей является признаком неблагополучия популяции в целом, особенно если велика также доля рыб с ненормальным уровнем нормобластов и лейкоцитов в кровяном русле. В нашем случае количество особей с повышенным значением ИСЛ являлось доминирующим в обоих исследуемых районах Саратовского водохранилища, что является свидетельством высокого уровня загрязнения данных участков акватории.

Повышение показателя ИСЛ является симптомом таких заболеваний как нейтрофилез и эозинофилия. Нейтрофилез вызывается повышением

доли нейтрофильных гранулоцитов (окрашивающихся нейтрально, в оттенки серого и светло-голубого цветов) среди лейкоцитов. Эозинофилия является следствием повышения количества эозинофильных гранулоцитов, данные клетки окрашиваются стандартными методами в оттенки красного, ярко-розового и малинового цветов. В норме данные виды гранулоцитов должны содержаться в белой крови, но их количество должно быть в два-три раза ниже, чем количество лимфоцитов, палочкоядерных лейкоцитов и моноцитов, которые являются агранулоцитами.

Из таблицы 11 следует, что у наибольшей части обследованных особей (51,66±2,53%) (из числа рыб с повышенным значением ИСЛ) из Саратовского водохранилища зафиксированы признаки нейтрофилеза, что является несомненным последствием неблагоприятных внешних воздействий как на отдельных рыб, так и на популяцию в целом. Среди чужеродных видов рыб Саратовского водохранилища зафиксировано единичное количество особей с признаками базофилии, их общая доля не превышает 3,32±0,91%. Достаточно высока встречаемость особей с признаками эозинофилии – 30,43±2,33%, что также является признаком неблагополучия популяций рыб в результате неблагоприятных внешних воздействий. Доля таких особей наиболее велика среди бычка-головача – 41,82±6,71%.

Среди 14,58±3,19% рыб, из числа особей с показателем ИСЛ несоответствующим норме, наблюдалось относительное нормальное соотношение основных видов гранулоцитов: нейтрофилов,

эозинофилов и базофилов, что не позволило выявить признаков соответствующих заболеваний. В данных случаях сдвиг ИСЛ в ту или иную сторону произошел не за счет изменения соотношения какого-либо одного вида гранулоцитов относительно лимфоцитов, палочкоядерных лейкоци-

тов и моноцитов, которые являются агранулоцитами. В данном случае изменение ИСЛ произошло вследствие пропорционального увеличения или уменьшения содержания в крови всех основных форм гранулоцитов.

Таблица 11. Встречаемость особей (среди рыб с повышенным показателем ИСЛ) больных эозинофилией и нейтрофилезом.

вид рыб	Доля рыб с нормальным соотношением гранулоцитов	Встречаемость особей с признаками заболеваний, %		
		эозинофилия	нейтрофилез	базофилия
ротан-головешка	8,09±2,35	21,32±3,52	62,50±4,17	8,09±2,35
бычок-кругляк	18,42±3,15	38,16±3,95	42,76±4,03	0,66±0,66
бычок-головач	10,91±4,24	41,82±6,71	45,45±6,78	1,82±1,82
плотва	13,33±9,08	13,33±9,08	73,33±11,82	-
лещ	20,00±10,69	13,33±9,08	66,67±12,60	-
уклея	30,00±15,27	30,00±15,27	40,00±16,33	-
окунь	50,00±18,90	25,00±16,37	25,00±16,37	-
общие показатели, %	14,58±3,19	30,43±2,33	51,66±2,53	3,32±0,91

По мнению некоторых авторов [4, 17, 24, 33, 55] у рыб в большинстве случаев отмечается лейкоцитоз в присутствии каких-либо загрязнителей. При этом наблюдается нейтрофилез, а остальные показатели весьма разнородны: могут быть как лимфоцитоз, так и лимфоцитопения – пониженное содержание лимфоцитов, как моноцитоз, так и моноцитопения, эозинофилия или число эозинофилов остается неизменным.

Нейтрофилы – активные ферментообразователи, им свойственна и фагоцитарная функция. Нейтрофильный лейкоцитоз со сдвигом влево (в сторону увеличения доли палочкоядерных нейтрофилов) наблюдается, как правило, при оформленных воспалительных процессах и различных интоксикациях [33, 55]. Таким образом, нейтрофилез можно рассматривать в качестве адаптационного механизма, повышающего защитную функцию крови в условиях воздействия комплекса неблагоприятных факторов [36]. Данный процесс, переходя в длительную или хроническую форму, впоследствии провоцирует различные нарушения во внутренних органах рыб (некрозы, дистрофии и т.д.) [29, 30].

В этом случае повышенное количество рыб с нейтрофилезом (табл. 11) в Саратовском водохранилище можно трактовать как следствие проявления у большинства особей неспецифических адаптационных реакций в ответ на неблагоприятные факторы среды. Встречаемость некоторого количества особей среди изученных больных рыб семи видов с признаками эозинофилии, также является признаком неблагополучия особей и популяции в целом.

Согласно полученным результатам, у аборигенных и чужеродных видов рыб в условиях Саратовского водохранилища, испытывающего значительную нагрузку комплекса отрицательных факторов среды, обнаружены многочисленные

патологии в морфологии клеток крови, встречаемость которых высока, и выраженные отклонения в некоторых гематологических параметрах – уровень гемопозеза, соотношение эритроцитов и лейкоцитов, соотношение различных форм лейкоцитов. Выявленные гематологические нарушения носят неспецифический характер, так как обнаружены у половозрелых особей разных видов и возрастов, а встречаемость здоровых рыб невысока.

Если состояние гематологических показателей и наличие патологий компонентов крови отражают состояние здоровья особи непосредственно в момент вылова и отбора крови, то наличие гистологических патологий в тканях внутренних органов свидетельствуют о хроническом характере негативных воздействий на отдельную особь и популяцию в целом. Гистопатологические изменения являются интегральным результатом разнообразных биохимических и физиологических изменений в организме [59, 71, 58, 62]. Идентификация возникающих патологий и дисфункций в системах организма важна для понимания причин снижения или исчезновения популяций рыб, прогнозирования изменений в условиях сокращения или увеличения токсической нагрузки, а также для разработки стратегии и методов сохранения и восстановления рыбных ресурсов [34].

Гистологический метод не всегда позволяет достаточно точно диагностировать заболевание. Однако он дает ответ, насколько глубоко на тканевом и клеточном уровне зашел патологический процесс и насколько широко поражено все исследованное стадо рыб. При этом органы внешне здоровых рыб могут на тканевом уровне оказаться на различных стадиях патологии, что позволяет определить степень поражения всего стада [48]. Морфопатологические исследования волжских рыб показали, что состояние органов и тка-

ней связано с состоянием среды обитания, характером распределения загрязняющих веществ по акватории водоема и особенностями экологии [2].

В экологических условиях Саратовского водохранилища у пяти наиболее массовых аборигенных и чужеродных видов рыб нами зафиксировано 49 типов патологий внутренних органов: 19 типов патологий жабр, 11 – печени, 10 – гонад и 9 – миокарда.

Гистологическое исследование внутренних органов половозрелых рыб показало, что большинство обследованных особей имеет гистологические патологии более чем в одном органе. Патологии жабр обнаружены у наибольшего количества особей (58,14±5,35% среди плотвы до 78,05±5,95% среди леща) (табл. 12), так как жабры являются органом, напрямую контактирую-

щим с внешней средой и, в силу этого, испытывающим непосредственное воздействие неблагоприятных факторов, в том числе и комплекса загрязнителей.

Жаберная дуга рыб в норме состоит из хрящевого основания пронизанного веной и артерией. От хрящевого основания отходят жаберные тычинки, состоящие из хряща и соединительной ткани, а так же жаберные лепестки первого порядка - филламенты, содержащие внутри кровеносный сосуд. На поверхности филламента располагаются два ряда жаберных лепестков второго порядка - ламелл; каждый такой лепесток содержит кровеносный капилляр, в котором и происходит процесс газообмена. Жаберные лепестки 1-го и 2-го порядка покрыты мембраной покровного эпителия.

Таблица 12. Встречаемость рыб с гистологическими патологиями внутренних органов.

Вид рыб	Число особей, экз.	Доля рыб без патологий внутренних органов, %	Доля рыб с патологиями внутренних органов, %			
			жабры	печень	гонады	миокард
плотва	86	26,74±4,80	58,14±5,35	31,39±5,03	18,60±4,22	13,95±3,76
лещ	41	17,07±5,95	78,05±5,95	46,34±7,88	17,07±5,95	9,76±4,69
бычок-кругляк	49	28,57±6,52	61,22±7,03	34,69±6,87	42,86±7,14	14,29±5,05
ротан	31	12,90±7,00	77,42±7,63	25,81±7,86	45,16±9,09	16,13±6,72
окунь	20	10,00±6,88	60,0±11,24	30,0±10,51	5,00±5,00	40,0±11,24

Патологии жабр. Более ранними исследованиями доказано, что при загрязнении воды тяжелыми металлами у рыб на жабрах образуются опухоли и язвы, а сами жабры редуцированы и имеют бледную окраску [54]. Одинаковые дегенеративные изменения жаберных лепестков второго порядка (ламелл): увеличение числа хлоридных клеток, некротические процессы, поражения жаберного эпителия (гиперплазия клеток) зафиксированы у рыб при воздействии загрязнителей различной природы, таких как нимакс (препарат на основе растительного сырья) [63] и нитрат свинца (неорганический загрязнитель) [66]. Органические загрязнители, в частности – линдан (γ-НСН), вызывает в жабрах рыб расширение кровеносных сосудов, гиперплазию и отслоение эпителия ламелл, их укорочение (недоразвитие), слияние или некроз [65]. Подобные нарушения в строении жабр нами зафиксированы у рыб Саратовского водохранилища, что свидетельствует о высоком уровне его загрязнения.

Среди обследованных пяти видов рыб Саратовского водохранилища нами обнаружено девятнадцать типов гистологических нарушений жаберных структур (табл. б), что свидетельствует о достаточно сильном загрязнении воды, в постоянном контакте с которой находились жабры изученных нами рыб.

Наиболее часто встречающимся типом патологии у изученных видов рыб за все время исследования оказалось искривление жаберных лепест-

ков второго порядка – ламелл. Данное нарушение зафиксировано у 36,73% бычка-кругляка, 29,03% ротана-головешки, 36,58% плотвы и 45,00% окуня (среди особей – носителей патологий жабр). Срастание ламелл также часто обнаруживается у всех обследованных видов рыб. Искривления жаберных лепестков первого порядка (филламента) обнаружены также у рыб всех видов, но у плотвы и окуня данный тип патологии зафиксирован единично, тогда как у бычка-кругляка и ротана-головешки встречаемость особей с таким нарушением составила 12,24% и 38,71% соответственно. Вздутия апикальной части ламелл в результате эозинофильной и базофильной инфильтрации также встречено у четырех видов рыб, однако, наибольшее количество рыб с таким типом патологии (26,83%) обнаружено среди плотвы, тогда как среди рыб вселенцев и окуня особи с таким нарушением обнаружены единично.

Часто встречающимся типом патологии за все время исследования оказалось отслоение эпителия ламелл. Данное нарушение зафиксировано у 30,23% всех обследованных особей, среди рыб разных видов (как аборигенных, так и чужеродных) данное соотношение не отличается.

Более чем у четверти обследованных особей (из числа носителей патологий жабр) зафиксированы инфильтрация, искривление и дисплазия ламелл. Намного реже встречались рыбы с подобными патологиями филламента и сращиванием ламелл. Искривление филламента, разрастание

соединительной ткани филламента и патология хряща жаберной дуги обнаружены у рыб единично за весь период исследования.

Патологии печени. Печень является основным органом детоксикации проникающих в организм ядов. В этом органе содержатся ферменты и кофакторы, связанные как с 1-ой фазой (окисления), так и со 2-й фазой (конъюгации) путей детоксикации. Печень аккумулирует большинство токсикантов, но также выводит продукты метаболизма через желчь. Приблизительно 85% объема печени костистых рыб занимают гепатоциты. Изменения морфологии гепатоцитов и клеток желчного эпителия могут давать информацию, касающуюся функционирования этого органа и воздействия на организм токсикантов [34]. Изменения структуры печени могут быть использованы как биомаркеры, которые отражают чувствительность рыб к стрессовым факторам окружающей среды [59, 71].

Печень не подвержена прямому воздействию неблагоприятных факторов среды, как, например жабры, но они влияют на ее строение и функции опосредовано – через кровь. По физиологическому и гистологическому состоянию печени можно успешно и относительно точно судить о состоянии внешних условий среды обитания той или иной особи. Так, например, после воздействия на рыб гербицидов (в частности – симазина) в печени карпа обнаруживались очаги некроза [69], а после длительного воздействия на рыб раствором трихлоруксусной кислоты в печени выявлялись кисты и спонгиозное изменение паренхимы [52].

Встречаемость особей с патологиями печени варьировала от $25,81 \pm 7,86\%$ среди ротана-головешки до $46,34 \pm 7,88\%$ среди леща (табл. 12). Наиболее часто у рыб обнаруживались очаги инфильтрации клеток крови в ткань печени и очаги дисплазии (некроза) гепатоцитов, патологии данного типа зафиксированы у десятой доли обследованных особей, как среди аборигенных, так и среди чужеродных видов рыб. Некроз (или дисплазия) гепатоцитов является наиболее тяжелым типом патологии, он проявляется в том, что отдельные гепатоциты или группы клеток теряют свою структуру в результате разрушения клеточной оболочки и внутренних структур. Такие области выделяются на фоне специфического рисунка здоровой ткани печени в виде темных пятен с аморфной структурой. Наличие подобного типа патологии в любых внутренних органах является доказательством сильнейшего негативного внешнего воздействия на отдельную особь. Доля особей с дисплазией гепатоцитов достигала $11,63 \pm 3,48\%$ среди плотвы и бычка-кругляка, подверженных заболеваниям печени, что является доказательством сильного негативного воздействия на печень обследованных особей.

Доля рыб с другими типами патологий печени была невелика, либо такие особи обнаруживались единично.

Патологии гонад. Большой спектр загрязняющих веществ, попадающих в водоемы, наряду с общетоксичным воздействием на живые организмы оказывает влияние на процессы гаметогенеза, что приводит к нарушениям размножения и появлению нежизнеспособного потомства, снижает репродуктивный потенциал особей и ведет к подрыву рыбных запасов России [22, 35]. Согласно большинству исследований патологии гонад не являются видоспецифичными и выявляются у рыб, принадлежащих различным систематическим группам. Степень устойчивости к токсикантам зависит от периода онтогенеза. Так, у половозрелых осетровых она ниже к ядам органического ряда в отличие от молодежи, которая более чувствительна к ядам неорганической природы [16]. Различные ксенобиотики вызывают повреждения гонад на ранних стадиях жизненного цикла в дозах, не приносящих вреда взрослым особям [57].

Гаметогенез, и в частности оогенез, представляет собой важнейший период всего индивидуального развития организма. Именно в этот период происходит накопление и формирование запасных питательных веществ и морфогенетической информации, определяющей все последующее развитие организма. В гаметах накапливаются нуклеиновые кислоты, различные белки, определяются системы белкового синтеза, путем сложнейших редукционных делений созревания создаются моноплоидность хромосомного набора, а также ооплазматическая сегрегация – дифференциация различных участков ооплазмы, имеющих неодинаковое перспективное значение [49].

За весь период исследования у рыб Саратовского водохранилища нами было обнаружено десять типов патологий гонад. Доля особей с такими гистопатологиями среди обследованных видов рыб варьировала от $5,00 \pm 5,00\%$ (единичная встречаемость у окуня) до $45,16 \pm 9,09\%$ у ротана-головешки.

Несмотря на относительное разнообразие обнаруженных патологий гонад, встречаемость рыб с отдельными видами нарушений за весь период исследования невелика или единична. Это относится к таким патологиям как кистозные, соединительнотканые и смешанные новообразования в гонадах, липоидная и вакуольная дегенерация ооцитов, наличие двух ядер в одном ооците. Наиболее часто обнаруживались такие патологии как резорбция вителлогенных и превителлогенных ооцитов, среди плотвы и бычка-кругляка доля особей с такими нарушениями достигала $9,76 \pm 4,69\%$ и $10,20 \pm 4,37\%$ соответственно. В то же время среди ротана-головешки данных пато-

логий выявлено не было, однако, у $29,03 \pm 8,29\%$ особей наблюдалось полное жировое перерождение гонад.

Патологии миокарда. У рыб Саратовского водохранилища зафиксировано девять типов патологий сердечной мышцы: общая дистрофия миокарда, частичная дистрофия волокон миокарда, дисплазия (некроз) волокон миокарда, некроз эпителия миокарда, соединительнотканное разрастание в миокарде и эпителии миокарда, очаги жирового перерождения, разрывы волокон миокарда, пигментированные новообразования в миокарде.

Все перечисленные гистопатологии обнаруживались у единичных особей исследованных видов рыб, за исключением частичной дистрофии волокон миокарда, которая достигла $14,63 \pm 5,59\%$ особей среди плотвы.

Таким образом, в ряду жабры → печень → гонады → миокард выявлены тенденции уменьшения разнообразия обнаруженных тканевых патологий и снижения доли особей в популяции с отдельными типами нарушений. Особенно ярко выражена эта тенденция среди плотвы, леща и бычка-кругляка, выборка которых наиболее репрезентативна (табл. 12). Данная направленность объясняется, прежде всего, тем, что на внутренние органы (печень, сердце, гонады) негативные внешние факторы воздействуют опосредовано через кровь и лимфу, состояние которых у рыб Саратовского водохранилища было описано выше, тогда как жабры подвержены непосредственному прямому воздействию отрицательных факторов среды (в том числе и различного рода загрязнений).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты позволяют утверждать, что популяции наиболее массовых видов аборигенных и чужеродных рыб Средней и Нижней Волги, и Саратовского водохранилища в частности, подвержены сильному прессу неблагоприятных воздействий окружающей среды. Об этом свидетельствуют различные морфофункциональные нарушения, обнаруживаемые у значительного количества особей как на ранних личиночных и мальковых стадиях развития, так и у половозрелых рыб.

Для всех исследованных видов рыб из водоемов Средней и Нижней Волги наглядно прослеживается тенденция встречаемости всех групп морфологических аномалий независимо от видовой принадлежности особей на ранних стадиях личиночного развития. Также для всех видов рыб характерно постепенное снижение доли молодежи с морфологическими аномалиями от более ранних стадий развития к более поздним этапам. Если среди молодежи плотвы – наиболее массового вида

рыб Саратовского водохранилища, основную массу обнаруженных нарушений составляют внешние морфологические аномалии ($33,10 \pm 0,46\%$ обследованных личинок и мальков), то у половозрелых особей доля рыб с подобными нарушениями не превышает $0,41 \pm 0,23\%$.

Сохраняется доминирование определенных групп морфологических аномалий (нарушения пигментации тела и нарушения морфологии глаз) у молодежи разных видов рыб в водоемах с различным уровнем загрязнения и отличающимся гидрологическим режимом, что свидетельствует о неспецифическом характере данных нарушений.

За все время исследования у представителей как аборигенных, так и чужеродных видов рыб, было обнаружено и описано 49 типов гистологических патологий органов, встречающихся у особей независимо от их видовой принадлежности и возраста. Практически не зависит от вида рыб и от возраста половозрелых особей встречаемость большинства обнаруженных патологий клеток крови, 21 тип которых был обнаружен у рыб Саратовского водохранилища, и нарушений основных гематологических параметров. Полученные результаты позволяют нам констатировать, что зафиксированные гистопатологии жизненно важных органов и гематологические нарушения носят неспецифический характер, так как являются характерным ответом на стрессирующие воздействия среди представителей ихтиофауны разных экологических групп.

Из наших исследований гистопатологий органов аборигенных и чужеродных видов рыб Саратовского водохранилища следует, что среди органов имеющих непосредственный контакт с неблагоприятными факторами окружающей среды (какими являются жабры), обнаружено наибольшее количество разнообразных гистопатологий, чем среди органов, на которые стрессирующие факторы среды действуют опосредовано через кровь, лимфу и другие жидкости организма (такими органами являются печень, сердце и гонады). Результаты исследований патологий клеток крови и отклонений в гематологических параметрах подтверждают данное утверждение.

Полученные результаты позволяют утверждать, что под прессом неблагоприятных воздействий окружающей среды находятся не только аборигенные виды рыб Саратовского водохранилища, но и представленные в массе чужеродные виды рыб, что подтверждается данными произведенных гематологических и гистологических исследований. Однако, за счет того что большинство из видов рыб-вселенцев данного водоема являются короткоцикловыми, они, предположительно, намного быстрее адаптируются к неблагоприятным условиям среды, в отличие от карповых рыб. В результате, численность рыб-

вселенцев в Саратовском водохранилище постоянно возрастает, а обнаруживаемые у них всевозможные отклонения от нормы, возможно, посте-

пенно становятся нормой реакции на внешние воздействия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балобанова Л.В., Микряков В.Р. Сравнительная характеристика действия нафталина и фенола на показатели белой крови караса *Sarassius carassius* (L.) // Биол. внутр. вод. 2002. № 2. С. 100–102.
2. Васильев А.С., Запруднова Р.А., Буйневич А.В. Мониторинг состояний популяций леща верхневолжских водохранилищ // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Экологические проблемы уникальных природных и антропогенных ландшафтов», Ярославль, 16–17 дек., 2004. Ярославль, 2004. С. 192–197.
3. Выхристюк Л.А. Химический состав воды и донных отложений: монография Выхристюк Л.А., О.Е. Варламова, Н.А. Марченко // Экологическое состояние бассейна реки Чапаевка в условиях антропогенного воздействия (Биологическая индикация). Тольятти: ИЭВБ РАН, 1996. С. 65–80.
4. Гольдин В.М. Некоторые гематологические показатели рыб Камского водохранилища в связи с загрязнением промышленными стоками // Учёные записки Пермского университета. 1975. Вып. 338. С. 123–131.
5. Головина Н.А., Тромбицкий И.Д. Гематология прудовых рыб. Кишинёв: Изд-во «Штиинца», 1989. 156 с.
6. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Самарской области в 1996 году. Вып. 4. Экологическая безопасность и устойчивое развитие Самарской области // Под ред. В.А. Павловского, Г.С. Розенберга. Самара: Ком. по охране окруж. среды Самарск. обл., 1997. С. 7–12.
7. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Самарской области в 1999 году. Вып. 9. Экологическая безопасность и устойчивое развитие Самарской области // Под ред. О.Л. Носковой. Самара: Ком. по охране окруж. среды Самарск. обл., 2000. 103 с.
8. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Самарской области в 2000 году. Вып. 11. Экологическая безопасность и устойчивое развитие Самарской области // Под ред. О.Л. Носковой. Самара: Ком. по охране окруж. среды Самарск. обл., 2001. 193 с.
9. Государственный доклад о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области в 2008 г. Вып. 19. // Под ред. Ю.С. Астахова, А.Е. Губернаторова, В.Н. Довбыш и др. Самара: Министерство природопользования, лесного хозяйства и окружающей среды Самарской обл., 2009. 344 с.
10. Государственный доклад о состоянии окружающей среды и природных ресурсов Самарской области за 2011 год. Вып. 22. // Под ред. Т.Н. Сафроновой, А.П. Ардакова, И.В. Бардиновой и др. Самара: Министерство лесного хозяйства, охраны окружающей среды и природопользования Самарской обл.: изд-во «ДОМ». 2012. С. 71–72.
11. Житенёва Л.Д., Рудницкая О.А., Калужная Т.И. Эколого-гематологические характеристики некоторых видов рыб. Справочник. Ростов н/Д: АЗНИИРХ, 1997. 149 с.
12. Жукинский В.Н. Влияние абиотических факторов на разнокачественность и жизнеспособность рыб в раннем онтогенезе. М.: Агропромиздат, 1986. 248 с.
13. Иванова Н.Т. Атлас клеток крови рыб. Москва: «Лёгкая и пищевая промышленность», 1983. С. 64–71. 184 с.
14. Касимов Р.Ю., Крючков В.И. Оплодотворяемость икры и развитие зародышей осетровых рыб при нефтяном воздействии // 4 всесоюзная конференция по раннему онтогенезу рыб. Мурманск. 28–30 сентября, 1988. Ч. 1. М., 1988. С. 126–127.
15. Коблицкая А.Ф. Определитель молоди пресноводных рыб. М.: «Лёгкая и пищевая промышленность», 1981. 208 с.
16. Козоза А.А. Динамика устойчивости осетровых рыб к фенолу на ранних стадиях оогенеза // Вопр. водной токсикологии. М.: Наука. 1970. С. 168–171.
17. Котов А.М. Сезонная динамика гематологических показателей у некоторых черноморских рыб и их изменение при экспериментальном отравлении нефтепродуктами // Гидробиологический журнал. 1976. Вып. 12. № 4. С. 63–68.
18. Крылов О.Н. Методические указания по гематологическому обследованию рыб в водной токсикологии. Л.: ГосНИОРХ, 1974. 39 с.
19. Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: «Высшая школа». 1990. 293 с.
20. Лебедева О.А., Тихомирова Л.И., Филлипова Г.П., Завьялова М.Н. Изменения в характере эмбриогенеза караса: долгосрочные наблюдения и экспериментальные исследования // Доклад АН СССР. 1990. Т. 313, № 1. С. 196–199.
21. Лукьяненко В.И. Экологические аспекты ихтиотоксикологии. М.: Агропромиздат, 1987. 239 с.
22. Лукьяненко В.И. Физиолого-биохимический статус Волго-Каспийских осетровых в норме и при расслоении мышечной ткани (кумулятивный политоксикоз). Сборник // АН СССР Институт биологии внутренних вод. Рыбинск, 1990. 262 с.
23. Макеева А.П. Эмбриология рыб. М.: изд-во Московского ун-та, 1992. 216 с.
24. Метелев В.В. Токсичность и некоторые вопросы механизма действия пропанида на организм рыб // Труды ВНИИ ветеринарной санитарии. 1974. Вып. 50. С. 72–75.
25. Микряков В.Р., Балобанова Л.В., Заботкина Л.А. Реакция иммунной системы на загрязнение воды токсикантами и закисление среды. М.: Наука, 2001. 126 с.
26. Минеев А.К. Индекс состояния сообществ личинок рыб (ИСС) как показатель экологического состояния водной среды // Известия Самарского научного центра РАН. Спецвыпуск 4, 2005. С. 306–313.
27. Минеев А.К. Морфологический анализ и патологические изменения структуры клеток крови у рыб Саратовского водохранилища // Вопросы ихтиологии. 2007а. № 1. С. 93–100.
28. Минеев А.К. Встречаемость аномальных личинок рыб среди молоди Саратовского водохранилища в различных районах водоёма // Ихтиологические исследования на внутренних водоёмах. Материалы международной научной конференции. Саранск: изд-во Мордовского ГУ. 2007б. С. 114–116.
29. Минеев А.К. Некоторые гистологические нарушения гонад у головешки-ротана (*Perccottus glenii* Dybowski, 1877) и бычка-кругляка (*Neogobius melanostomus* Pallas, 1814) Саратовского водохранилища // Известия Самарского Научного Центра РАН. 2009. Т. 11, № 1. С. 185–191.
30. Минеев А.К. Некоторые гистологические патологии печени и сердца у головешки-ротана (*Perccottus glenii*

- Dybowski, 1877) и бычка-кругляка (*Neogobius melanostomus* Pallas, 1814) Саратовского водохранилища // Известия Самарского Научного Центра РАН. 2011а. Т. 13, № 1. С. 203–206.
31. *Минеев А.К.* Гистологическая картина новообразований у молоди рыб Средней и Нижней Волги // Известия Самарского научного центра РАН. 2011б. Т. 13, Ч. 1. № 5. С. 242–248.
32. *Минеев А.К.* Морфологические аномалии у рыб Саратовского водохранилища // Вода: химия и экология. № 6. 2012. С. 54–61.
33. *Моисеенко Т.И.* Морфологические перестройки организма рыб под влиянием загрязнения (в свете теории С.С. Шварца) // Экология. 2000. № 6. С. 463–472.
34. *Моисеенко Т.И.* Водная экотоксикология. М.: Наука, 2009. 400 с.
35. *Павлов Д.С., Савваитова К.А., Соколов Л.И., Алексеев С.С.* Редкие и исчезающие животные. Рыбы. М.: Высшая школа. 1994. 334 с.
36. *Пескова Т.Ю.* Адаптационные изменения земноводных в антропогенно загрязнённой среде: Дис. ... д-ра биол. наук. Тольятти. 2004. 284 с.
37. *Правдин И.Ф.* Руководство по изучению рыб (преимущественно пресноводных). М.: «Пищевая промышленность». 1966. 376 с.
38. *Реишников Ю.С., Попова О.А., Стерлигова О.П. и др.* Изменение структуры рыбного населения эвтрофируемого водоёма: монография. М.: Наука. 1982. 248 с.
39. *Роскин Г.И., Левинсон Л.Б.* Микроскопическая техника. М., 1957. 486 с.
40. *Селезнёв В.А.* Содержание марганца в поверхностных водах Самарской области / В.А. Селезнёв, В.А. Цыкало, Т.С. Сергиенко // 10 лет Государственному комитету по охране окружающей среды Самарской обл. Экологическая безопасность и устойчивое развитие Самарской обл. Вып. 6. / Под ред. В.А. Павловского, Г.С. Розенберга. Самара: Ком. по охране окруж. среды Самарск. обл., 1998. С. 108–116.
41. *Селюков А.Г.* Морфофункциональные изменения рыб бассейна средней и нижней Оби в условиях возрастающего антропогенного влияния // Вопросы ихтиологии. 2012. Т. 52, № 5. с. 581–600.
42. *Серпунин Г.Г.* Ихтиогематологические исследования как элемент биологического мониторинга водоёмов // Наземные и водные экосистемы Северной Европы: управление и охрана. Мат-лы междунар. конф., посвящ. 50-летию Ин-та Карел. Науч. центра РАН. Петрозаводск, 8-11 сентября 2003 г. Петрозаводск: Ин-т биол. КарелНЦ РАН. 2003. С. 130–131.
43. *Степанова В.М., Чуйко Г.М., Павлова В.Ф.* Хроническое действие кадмия на клетки ретикулярной ткани селезёнки и периферической крови мозамбикской теллапии (*Oreochromis mossambicus* Peters) // Биология внутр. вод. 1998. № 3. С. 136–140.
44. *Талкина М.Г., Комов В.Т., Чеботарёва Ю.В., Гремячих В.А.* Комплексная оценка длительного воздействия ртути на молодь плотвы в экспериментальных условиях // Вопр. ихтиол. 2004. Т. 44. № 6. С. 847–852.
45. *Тарасенко О.Н., Мельников В.Г.* Морфологическая структура форменных элементов крови леща, сазана и судака // В кн.: Современные вопросы экологической физиологии рыб. М.: Наука. 1979. С. 239–246.
46. *Хрущёв Н.Г., Ланге М.А., Золотова Т.Е., Бессонова А.В.* Характеристика клеток эритроидного ростка у зеркального карпа (перспективы использования при оценке физиологического состояния рыб) // Сер. биол. РАН, Вестник РАН. Биол. 1993. С. 83–87.
47. *Червякова Н.Г.* Использование водных ресурсов / Н.Г. Червякова, З.А. Фёдорова // Тез. совещ. Экологическая ситуация в Самарской области: состояние и прогноз 1994. Тольятти: ИЭВБ РАН, 1994. С. 198.
48. *Чернышева Н.Б.* Использование гистологического метода в ихтиопатологии // Материалы научной конференции «Проблемы воспроизводства, кормления и борьбы с болезнями рыб при выращивании в искусственных условиях», Петрозаводск, 14–18 окт., 2002. Петрозаводск, 2002. С. 168–170.
49. *Шарова Ю.Н., Кауфман З.С., Лукин А.А.* Оогенез рыб Европейского Севера России при техногенном загрязнении. Петрозаводск: Изд-во Карел. науч. центра, 2003. 130 с.
50. *Шурова И.Л.* Влияние 2,4-дитретамилфенола и 2,4,6-трихлорфенилгидрозина солянокислого на ранние стадии развития щуки // Физиология и токсикология гидробионтов. Ярославский гос. ун-т. Ярославль, 1990. С. 45–48.
51. Экология рыб Обь-Иртышского бассейна / Под ред. Павлова Д.С., Мочёка А.Д. М.: Т-во науч. изд. КМК. 2006. 596 с.
52. *Bashir Ahmed, Lan Jr-Peng, Fonseca Pablo, Thiyagarajah Arunthavarani, Hartley William R.* Hepatic and gonadal lesions in medaka (*Oryzias latipes*) exposed to trichloroacetic acid as embryos // 4 International Symposium on Aquatic Animal Health, New Orleans, La. Sept. 1–5, 2002: ISAAH 2002: Proceeding. New Orleans (La). 2002. P. 239.
53. *Beckman B.R., Zaugg W.S.* Copper intoxication in chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) induced by natural springwater: effect on gill Na^+ , K^+ - AT Phase, hematocrit and plasma glucose // Cjn. I. Fish and Aquat. Sci.. 1988. № 8. P. 1430–1435.
54. *Bolotova N.L., Kononov A.F.* Morpho-pathologic analysis of zander (*Stizostedion lucioperca* L.) in Beloe Lake // 28 Congress of International Association of Theoretical and Applied Limnology, Melbourne, 2001. Pt. 3 / Int. Ver. Theor. Und angew. Limnol. 2003. Vol. 28. Pft. 3. P. 1609–1612.
55. *Brozio F., Litzbarski H.* Untersuchungen über physiologische und histologische Veränderungen am Karpfen nach Toxapheneinwirkung // Teil I. Z. Binnenfisch. DDR. 1977. Vol. 24. № 4. P.215–226.
56. *Crawford R.B., Guarina A.M.* Effects of environmental toxicants on development of a teleost embryo // "I. Environ. Pathol. Toxicol. and Oncol.". 1985. Vol. 6, № 2. P. 123–130.
57. *Guillette L.J., Grein D.A., Rooney A.A., Pickford D.B.* Organization versus activation: the role of endocrine-disrupting contaminants during developments in wildlife // Environmental Health Perspectives. 1995. Vol. 103. P. 157–164.
58. *Heath A.G.* Water Pollution and Fish Physiology. L.: Lewis Publ., 2002. 506 p.
59. *Hinton D.E., Lauren D.G.* Integrative histopathological approaches to detective effects of environment stressors on fish. N.Y.: Publ. Amer. Fish. Soc., 1990. P. 51–66.
60. *Houston A.N.* Components of the hematological response of fishes to environmental temperature change: a review // Environ. Physiol. of fishes. Ali. (ed.)/ Plenum Publ. Corp. 1980. P. 241.
61. *Lane H.C., Tharp T.P.* Changes in the population of polyribosomal containing red cells of peripheral blood of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Rich., following starvation and fleeding // J. Fish Biol. 1980. Vol. 17. P. 75.
62. *Lawrens A.J., Arukwe A., Moor M. et al.* Molecular/cellular processes and the physiological response to

- pollution // Effects of Pollution on Fish / Ed. A.J. Lawrens, K.L. Hemingway. N.Y.: Blackwell Sci., 2003. P. 83–133.
63. *Lazaras Asha D., Mishra P.K., Khasdeo K.* Histopathological study of neemax induced gills of *Rasbora daniconius* // J. Exp. Zool. India. 2004. Vol. 7. № 2. P. 361–364.
64. *Llorent M.T., Martos A., Castano A.* Detections of cytogenetic alterations and blood cell changes in natural populations of carp // Ecotoxicology. 2002. V. 11. № 1. P. 27–34.
65. *Ortiz Juan B., Gonzalez de Canales M. Luiza,* Sarasquete Carmen Histopathological changes induced by lindane (γ -HCH) in various organs of fishes // Sci. mar. 2003. Vol. 67. № 1. P. 53–61.
66. *Parashar Ram Sanehi, Banerjee Tarun Kumar* Toxic impact of lethal concentration of lead nitrate on the gills of air-breathing catfish (*Heteropneustes fossilis* (Bloch)) // Ver. Arh. 2002. Vol. 72, № 3. P. 167–183.
67. *Pragatheeswaran V., Loganathan B., Natarajan R., Venugapalon V.K.* Cadmium induced Malformation in Eyes of *Ambassis cjmmerisoni* Cuvier // Bull. Environ. and Toxicol. 1989. Vol. 43, № 5. P. 755–760.
68. *Richmonds C., Dutta H.M.* *Lepomis macrochimus*. Histopathological changes by malation in the gills of bluegill *L.m.* // Bull. Environ. Contam. and Toxicol.. 1989. Vol. 43, № 1. P. 123–130.
69. *Roncero V., Gómez L., Durán E., Fernández O., Garsia-Camero J.P., Oropesa A., Soler F.* Histopathological alterations in carp (*Cyprinus carpio*) after exposition to simazine // EUROTOX 2002, Budapest, 15–18 sept., 2002 / Toxicol. Lett. 2002. Vol. 135, P. 94–95.
70. *Urho L., Hudd R.* Sublethal effects of ocn oil spill on fish larvae in the Northern Quark, in the Balnic: [Pap.] 3 rd. ICES symp. early. life hist. fish., Btrgen, 3–5 octobre, 1988 // Rapp. et proc.-verb. reun. / Cons. int. explor. mer. 1989. Vol. 191. P. 494.
71. *Wrona F.G., Cash K.J.* The ecosystem approach to environment assessment: moving from theory to practice // J. Aquat. Ecosyst. Health. 1996. Vol. 5. P. 89–97.

NONSPECIFIC REACTIONS IN FISH FROM WATERS MIDDLE AND LOWER VOLGA

© 2013 A.K. Mineev

Institute of Ecology of the Volga river basin of RAS, Togliatti

The results of years of research (1995-2013) morphological abnormalities found in young fish from reservoirs in the Middle and Lower Volga, and their major tributaries. Analyzed patterns of occurrence of these disorders in young fish of different species and ages. On the example of the Saratov Reservoir described pathology cell erythrocyte series the most abundant species of native and alien species and dynamics of important hematological parameters, as the ratio of mature and immature forms of erythrocytes, the ratio of elytroid cells and lymphoid blood leukocyte fraction of the main forms of white blood cells. Presented research papers pathologies of internal organs and tissues of some common fish species in the Saratov Reservoir. The direct dependence of the observed anomalies of development and abnormalities in fish of different age groups (from the early larval stages to mature individuals) on the level of anthropogenic load on the ecosystem studied reservoir. Proved nonspecific detected as violations of morphological responses to the negative impact of unfavorable environmental conditions.

Key words: morphological abnormalities, pathology of blood cells, hematological parameters, histological abnormalities, nonspecific reactions.